

**Family list**

**2 family member for:**

**JP2000169977**

Derived from 1 application.

**1 ETCHING METHOD BY ATMOSPHERIC PRESSURE  
HIGH FREQUENCY PLASMA**

**Publication info: JP3555470B2 B2 - 2004-08-18**

**JP2000169977 A - 2000-06-20**

Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide

BEST AVAILABLE COPY

DIALOG(R)File 347:JAPIO

(c) 2006 JPO & JAPIO. All rts. reserv.

06584184    \*\*Image available\*\*

**ETCHING METHOD BY ATMOSPHERIC PRESSURE HIGH FREQUENCY PLASMA**

PUB. NO.:        2000-169977 [JP 2000169977 A]

PUBLISHED:      June 20, 2000 (20000620)

INVENTOR(s):    MORI YOSHIAKI

                  ASUKE SHINTARO

APPLICANT(s): SEIKO EPSON CORP

APPL. NO.:      10-345532 [JP 98345532]

FILED:           December 04, 1998 (19981204)

INTL CLASS:     C23F-004/00; H01L-021/3065; H05H-001/24

**ABSTRACT**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To subject metal, ceramic or the like to etching by high frequency plasma by generating streamer-shaped discharge by high frequency via discharge gas under atmospheric pressure or pressure in the vicinity thereof to generate plasma and irradiating the object to be treated with this plasma.

**SOLUTION:** Gaseous helium is added with a suitable amt. of gaseous oxygen and gaseous tetrafluoride, which is fed to a nozzle 14 as discharge gas in the state of atmospheric pressure, and high frequency electric power is fed to a high frequency electrode 18. Barrier discharge is generated on the space between the high frequency electrode 18 and a ground electrode 20, and a gaseous mixture of the gaseous helium and gaseous oxygen or the like is separated in the discharge part 46 to generate plasma, which is applied to the object 42 to be treated from the nozzle 14. In the case the high frequency electric power to be fed to the high frequency electrode 18 is controlled, e.g. to  $\approx 300$  W, extremely fine microstreamer discharge which is colona discharge formed by electron avalanche is generated on the space between the discharge part 46 and the object 42 to be treated. When plasma generated by this microstreamer discharge is applied, even metal And ceramic can be subjected to etching.

**COPYRIGHT: (C)2000,JPO**

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-169977

(P2000-169977A)

(43)公開日 平成12年6月20日(2000.6.20)

(51)IntCl<sup>1</sup>

識別記号

C 2 3 F 4/00

H 0 1 L 21/3065

H 0 5 H 1/24

F I

C 2 3 F 4/00

H 0 5 H 1/24

H 0 1 L 21/302

テマコード(参考)

D 4 K 0 5 7

5 F 0 0 4

B

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 13 頁)

(21)出願番号

特願平10-345532

(22)出願日

平成10年12月4日(1998.12.4)

(71)出願人

000002389

セイコーエプソン株式会社

東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

(72)発明者

森 義明

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

(72)発明者

足助 慎太郎

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

(74)代理人

100093388

弁理士 鈴木 喜三郎 (外2名)

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 大気圧高周波プラズマによるエッチング方法

(57)【要約】

【課題】 大気圧下における高周波プラズマにより金属やセラミックなどをエッチングできるようにする。

【解決手段】 大気圧またはその近傍の圧力下にある放電ガスを介して高周波によるストリーマ状の放電を発生させてプラズマを生成し、このプラズマを被処理物に照射してエッチングする。

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 大気圧またはその近傍の圧力下にある放電ガスを介して高周波によるストリーマ状の放電を発生させてプラズマを生成し、このプラズマを被処理物に照射してエッチングすることを特徴とする大気圧高周波プラズマによるエッチング方法。

【請求項2】 前記放電ガスは、少なくとも希ガスを有することを特徴とする請求項1に記載の大気圧高周波プラズマによるエッチング方法。

【請求項3】 前記放電ガスは、希ガスとハロゲン系ガスとの混合ガスであることを特徴とする請求項2に記載の大気圧高周波プラズマによるエッチング方法。

【請求項4】 前記ハロゲン系ガスは、フッ素系ガスであることを特徴とする請求項3に記載の大気圧高周波プラズマによるエッチング方法。

【請求項5】 前記放電ガスは、希ガスと酸素ガスとの混合ガスであることを特徴とする請求項2に記載の大気圧高周波プラズマによるエッチング方法。

【請求項6】 前記希ガスは、ヘリウムガスであることを特徴とする請求項2ないし5のいずれかに記載の大気圧高周波プラズマによるエッチング方法。

【請求項7】 前記被処理物は、前記プラズマを生成する放電領域中に配置することを特徴とする請求項1ないし6のいずれかに記載の大気圧高周波プラズマによるエッチング方法。

【請求項8】 前記被処理物は、前記プラズマを生成する放電領域の外部に配置することを特徴とする請求項1ないし6のいずれかに記載の大気圧高周波プラズマによるエッチング方法。

【請求項9】 前記被処理物は、接地してあることを特徴とする請求項1ないし8のいずれかに記載の大気圧高周波プラズマによるエッチング方法。

【請求項10】 前記ストリーマ状の放電は、放電させる電極間にグロー放電を発生させる電力より大きな高周波電力を供給して発生させることを特徴とする請求項1ないし9のいずれかに記載の大気圧高周波プラズマによるエッチング方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、大気圧またはその近傍の圧力下にある気体(放電ガス)を介した高周波プラズマにより被処理物をエッチングする方法に係り、特にストリーマ状の放電を発生させて生成したプラズマを用いて被処理物のエッチングを行なう大気圧高周波プラズマによるエッチング方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来、大気圧下にあるガス(気体)を介した高周波放電によってプラズマを生成してガスを活性化し、活性化したガスを利用して被処理物を処理する方法として、次のようなものが知られている。その1つは、

酸素ガスを活性化して被処理物の表面に存在する有機物と反応させ、有機物を気体化させて除去するいわゆるアッシング処理である。他のものとして、CF<sub>4</sub>などのフッ素系ガスを活性化させてシリコンなどの被処理物と反応させ、被処理物を気体化させて除去するいわゆるエッチング処理である。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】上記したアッシング処理、エッチング処理は、いずれも活性化したガスを有機物やシリコンなどと化学的に反応させて気体化して除去するものであって、処理の対象となる被処理物は、反応生成物が大気圧下において気体となるもの、すなわち反応生成物の蒸気圧が高いものに限定される。このため、従来の大気圧高周波プラズマを用いた処理においては、例えば、銅、金、銀、クロムやコバルトなどの金属またはセラミックなどは、フッ素などの活性なガスと反応させても容易に気体とならないためにエッチングすることができない。従って、例えば半導体装置の製造分野において銅やアルミニウムなどの金属膜をエッチングによって除去する場合、フッ酸の溶液などを用いたいわゆるウェット(湿式)エッチングを利用しており、エッチング液の取り扱いが容易でない上、洗浄などが必要であって工程が煩雑となる。

【0004】本発明は、前記従来技術の欠点を解消するためになされたもので、大気圧下における高周波プラズマにより金属やセラミックなどをエッチングできるようにすることを目的としている。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】本発明者等は、大気圧下における高周波プラズマによるエッチングについて種々検討し、実験を行なったところ、ヘリウムなどの希ガスの存在下において電極間に与える高周波電力を増大させていくと、放電形態がいわゆるグロー放電であったものがある点からストリーマ状の放電(電子などによるコロナ放電のような放電であって、非常に微細な線束状の流れのような放電、以下マイクロストリーマ放電ということがある)に変化することを見出した。本発明は、上記の知見に基づいてなされたもので、上記の目的を達成するために、大気圧またはその近傍の圧力下にある放電ガスを介して高周波によるストリーマ状の放電を発生させてプラズマを生成し、このプラズマを被処理物に照射してエッチングすることを特徴としている。

【0006】このように構成した本発明は、放電ガスから生成されたプラズマ粒子(イオンまたは電子)が非常に微細な線束状の流れ(マイクロストリーマ)となって高速で被処理物に衝突することにより、プラズマ粒子が衝突した部分の被処理物が高温となって溶融するとともに、衝突するプラズマ粒子によって弾き飛ばされてエッチングされるものと考えられる。このため、従来エッチングすることができなかった金属やセラミックをも容易

にエッチングすることができる。

【0007】放電ガスは、高周波によるストリーマ状の放電を生成できるものであれば、例えばヘリウムやアルゴンなどの希ガスのみからなるもの、またはアセトンや水素ガスなど、どのようなものであってもよいが、放電ガス中に希ガスを有するようにすると、単独では高周波放電を生じにくいガス(例えば、四フッ化炭素(CF<sub>4</sub>)ガス)であっても容易に高周波放電を発生させてストリーマ状放電を生成することができる。また、希ガス中に放電しにくい希ガス以外のガスを混入すると、安定した高周波ストリーマ状の放電を発生させることができる。

【0008】希ガスに混入するガスとしては、反応性に富んだハロゲン系ガス、特にフッ素系のガス、または酸素ガスを用いることができ、これらのガスを用いると、容易に被処理物をエッチングすることができる。そして、希ガスは、高周波において容易に放電を発生させることができるヘリウムガスが望ましい。

【0009】被処理物は、プラズマを生成する放電領域中に配置してもよいし、放電領域外に配置してもよい。被処理物を放電領域中に配置すると、より高速の荷電粒子(プラズマ粒子)が被処理物に衝突するため、エッチング速度を高めることができる。また、被処理物を放電領域の外側に配置すると、エッチングする必要のない部分へのプラズマ粒子(電子およびイオン)の衝突を避けることができ、エッチングする必要のない部分のプラズマ粒子による損傷を避けることができる。また、被処理物が導電性である場合、被処理物を接地すると、プラズマを構成している質量の大きなイオンが接地されていないときより加速されて衝突するため、エッチング速度を大きくすることができる。なお、ストリーマ状の放電は、放電させる電極間にグロー放電を発生させる電力より大きな高周波電力を供給することにより、容易に発生させることができる。

【0010】

【発明の実施の形態】本発明に係る大気圧高周波プラズマによるエッチング方法の好ましい実施の形態を、添付図面に従って詳細に説明する。

【0011】図1は、本発明に係る大気圧高周波プラズマによるエッチング方法を実施するためのエッチング装置の概略構成図である。図1において、エッチング装置10は、放電ユニットとなるスポットガン12を備えている。スポットガン12は、円筒状のガラスまたは石英ガラスによって形成したノズル14を下部に有している。そして、ノズル14の下部には、直径方向両側に高周波電源16に接続した高周波電極18と、接地された接地電極20とが対向配置してあって、これらの電極18、20間に高周波電圧を印加できるようにしてある。

【0012】ノズル14には、ガス供給配管22が接続してある。このガス供給配管22には、流量制御弁24を介してヘリウムガス供給源26が接続してあって、大

気圧状態の希ガスであるヘリウムガスを放電ガスとしてノズル14の内部に供給できるようにしてある。また、ガス供給配管22には、一端を酸素ガス源28に接続した分岐管30と、一端を四フッ化炭素(CF<sub>4</sub>)ガス源32に接続した分岐管34が接続されている。これらの分岐管30、34には、流量制御弁36、38が設けてあって、ノズル14に供給する酸素ガスの量と、ハロゲン系ガスである四フッ化炭素ガスの量とを任意に調節することができるようにしてある。

10 【0013】スポットガン12の下方には、ステンレス板などからなる接地されたステージ40が配設してある。このステージ40の上面には、スポットガン12によって生成したプラズマが照射される被処理物(ワーク)42が配置される。そして、被処理物42は導電性である場合、絶縁性のガラス板44などを介してステージ40に配置することができる。

【0014】このように構成した実施形態においては、ヘリウムガスに相当量の酸素ガスまたは四フッ化炭素ガス、もしくは酸素ガスと四フッ化炭素ガスを添加し、これらを放電ガスとして大気圧状態でスポットガン12のノズル14に供給するとともに、高周波電極18に高周波電力を供給する。これにより、電極10、20間には、誘電体であるガラスまたは石英ガラスからなるノズル14を介した高周波のいわゆるバリア放電が発生し、ノズル14内の放電部46においてヘリウムガスと酸素ガスとの混合ガス、またはヘリウムガスと四フッ化炭素ガスとの混合ガス、もしくはヘリウムガスと酸素ガスと四フッ化炭素ガスとの混合ガスが電離してプラズマが生成される。このプラズマは、ノズル14に供給される放電ガスの流れによって被処理物42に照射される。

30 【0015】ところで、従来は、ノズル14の内径Dが1.5~2mmである場合、高周波電極18に供給する高周波電力を200W程度以下にして放電部46にいわゆるグロー放電を発生させ、このグロー放電によって生成されたプラズマを被処理物42に照射し、活性化した放電ガスを有機物やシリコンと化学的に反応させてアッシングやエッチングを行っていた。ところが、本発明者等は、高周波電極18に供給する高周波電力をさらに大きくすると(例えば、300W以上にすると)、放電部46と被処理物42との間に電子などによって生ずるコロナ放電であるストリーマ放電のような、非常に微細なストリーマ状の放電(マイクロストリーマ放電)が発生することを見出した。そして、ストリーマ状の放電を発生させて生成したプラズマを被処理物42に照射すると、被処理物42が金属やセラミックであっても、これらをエッチングできることがわかった。

40 【0016】これは、高周波電極18に大きな高周波電力を供給して発生させたストリーマ状の放電は、非常に木目の細かい、すなわちストリームを形成する荷電粒子の束の断面積がμm以下と非常に小さく、被処理物42

に衝突したイオンなどの荷電粒子が被処理物42を局所的に高温にして溶融し、外部に弾き飛ばすものと考えられる。このことは、高周波電力によりストリーマ状放電（マイクロストリーマ放電）を発生させて生成したプラズマによって金薄膜をエッチングし、エッチング面を走査型電子顕微鏡（SEM）によって観察したところ、従来の大気圧プラズマエッチングでは見られない1μm以下の極めて微小な凹凸がエッチング面全体に存在していた。このことから、金薄膜は、局部的に高温となって溶融し、エッチングされたものと推察される。

【0017】ただし、高周波マイクロストリーマ放電により生成したプラズマによるエッチング処理の状態は、処理条件によって様子が大きく異なる。そして、放電ガスがヘリウムやアルゴンなどの希ガスのみによるプラズマによっては、金属などの無機物をエッチングして除去することができないが、ヘリウムガスに酸素ガスや四フッ化炭素ガスを添加してマイクロストリーマを発生させると、金などの無機物を除去することができる。また、被処理物が金属などの導電性を有する場合、これを接地するとエッチング処理速度を高めることができる。そして、従来の大気圧プラズマエッチングによってエッチングすることが可能な例えばシリコンなどの場合、高周波ストリーマ状放電により生成したプラズマを照射してエッチングを行なうと、エッチング速度が従来に比較して1桁程度大きくなり、迅速なエッチング処理が可能となる。しかも、ヘリウムガスに酸素ガス、四フッ化炭素ガスを添加することにより、高周波によるストリーマ状の放電をヘリウムガスのみによる場合より安定して発生させることが可能となる。

【0018】なお、前記実施形態においては、ヘリウムガスに添加するハロゲン系ガスとして四フッ化炭素ガスについて説明したが、六フッ化硫黄などのフッ素系ガスや塩素ガスなどの他のハロゲン系ガスを添加してもよい。さらに、前記実施の形態においては、ヘリウムガスにフッ素系ガスまたは酸素ガスを添加する場合について説明したが、例えばアセトンや炭酸ガス、水素ガスなど他のガスをヘリウムガスに添加してもよい。また、前記実施の形態においては、被処理物42が放電領域46の外部にある場合について説明したが、例えば被処理物42を接地電極にするなどして、被処理物を放電領域中に配置してもよい。被処理物42を放電領域の外部に配置すると、エッチングを必要としない個所の電子やイオンによる損傷を避けることができる。また、被処理物を放電領域に配置すれば、イオンなどがより高速状態で衝突するため、エッチング速度を大きくすることができる。そして、希ガスは、アルゴンガスなどであってもよい。さらに、希ガスのみによってマイクロストリーマ放電を発生させてエッチング処理をしてもよい。

【0019】図2は、他のエッチング装置の要部説明図である。図2において、エッチング装置50は、本図に

図示しない被処理物42にプラズマを照射するプラズマガンが線状のラインガン52となっている。ラインガン52は、石英から形成した平板状の一对の流路形成板54a、54bが並行に対向させて配置しており、間隙dのガス流路56を形成している。そして、流路形成板54bの背面下部には、流路形成板54bの長手方向（水平方向）に沿って高周波電源に接続する高周波電極58が配設してある。また、流路形成板54aの背面には、高周波電極58と対向するように接地電極（図示せず）が配設してある。さらに、流路形成板54a、54bの下端には、流路形成板54a、54bと直交しているフィン板60が設けてあり、ガス流路56において生成されたプラズマがフィン板60とその下方に位置する図示しないステージとの間を流れるようになっている。

【0020】なお、流路形成板54a、54bの上部には、ガス流路56に沿って複数の供給孔を有し、ガス流路56に放電ガスを均一に供給するための図示しないガスヘッド設けてある。また、ガス流路56の側部は、側板（図示せず）によって塞いであり、ガス流路56において生成されたプラズマがガス流路56の下方からのみ吐出できるようになっている。

【0021】このように構成した本実施形態のエッチング装置50は、前記したと同様の放電ガスをガス流路に大気圧状態で供給し、高周波電極58に例えば300W以上の高周波電力を供給することにより、線状のマイクロストリーマ放電を発生させることができ、このマイクロストリーマ放電によって生成した高周波プラズマを被処理物42に照射することにより、被処理物42が金属やセラミック等からなる場合であってもこれをエッチングすることができる。

【0022】

【実施例】《実施例1》図1に示したスポットガン12を有するエッチング装置10を用いて音叉型水晶振動子に形成した金薄膜のエッチング試験を行なった。

【0023】また、試料（被処理物42）である音叉型水晶振動子は、図3のようになっている。すなわち、音叉型振動子70は、水晶によってフォーク状に形成され、一对の振動片72を有している。この音叉型振動子70の両側の表面には、厚さ500オングストロームのクロムからなる下地金属が設けてあり、その上に厚さ2500オングストロームの金薄膜が形成してある（いずれも図示せず）。そして、複数の音叉型振動子70は、厚さ0.7mmのガラス板72の上に並行に並べられ、振動片72の接続部76がポリイミドテープ78によってガラス板74に固定してある。

【0024】このように複数の音叉型振動子70を固定したガラス板74は、振動子70を上側にして図1に示したステージ40状に配置され、スポットガン12の直下にセットされる。また、スポットガン12の下端と音叉型振動子70の上面とのギャップgは、0.3mmに

維持されるようになっていいる。

【0025】なお、スポットガン12のノズル14の先端(下端)の内径Dは、1.5mmである。また、高周波電極18に供給した電力は、この実施例の場合、いずれも周波数40.68MHz、300Wである。そして、スポットガン12のノズル14に供給する放電ガスは、次の5種類である。ただし、下記に示すSLMは気体の標準状態において1分間に供給したガスの量をリットルで示したのもであり、SCCMは気体の標準状態において1分間に供給したガスの量をミリリットルで示したものである。

【0026】放電ガスA: He (3SLM)

放電ガスB: He (3SLM) + O<sub>2</sub> (40SCCM)

放電ガスC: He (3SLM) + CF<sub>4</sub> (80SCCM)

放電ガスD: He (3SLM) + O<sub>2</sub> (40SCCM) + CF<sub>4</sub> (80SCCM)

放電ガスE: Ar (3SLM)

(1) 放電ガスAを用いてストリーマ状の放電を発生させ、生成したプラズマを音叉型振動子70に30秒間照射してエッチング処理をしたが、表面状態に変化は見られなかった。

【0027】(2) 放電ガスBを用いてストリーマ状放電を発生させ、生成したプラズマを音叉型振動子70に30秒間照射してエッチング処理を行なったが、表面状態に変化は見られなかった。

【0028】(3) 放電ガスCを用いてストリーマ状放電を発生させ、生成したプラズマを音叉型振動子70に30秒間照射してエッチング処理を行なったところ、金薄膜がクロムの下地金属とともに部分的に除去された。しかも、金薄膜は、プラズマを照射した表面ばかりでなく、裏面も除去されていた。

【0029】(4) 放電ガスDを用いてストリーマ状放電を発生させ、生成したプラズマを音叉型振動子70に30秒間照射してエッチング処理を行なったが、表面状態に変化は見られなかった。

【0030】(5) 放電ガスEを用いてストリーマ状放電を発生させ、生成したプラズマを音叉型振動子70に30秒間照射してエッチング処理を行なったが、表面状態に変化は見られなかった。

【0031】《実施例2》実施例1に用いた5種類の放電ガスA～Eを使用してエッチング装置10により、図4(1)に示したバー型水晶振動子に設けた金薄膜を有する電極部のエッチング試験を行なった。

【0032】図4(1)は、封止前のバー型振動子80の平面図を示したものである。図4(1)に示したように、バー型振動子80は、水晶によって平板状に形成した振動子本体82と、振動子本体82の基端部を固定したキャップ部86と、一端をキャップ部86に固定した一対のリード部84a、84bとからなっている。ま

た、振動子本体82の両面には、厚さ200オングストロームのクロムからなる下地金属(図示せず)と、この下地金属の上に形成した厚さ1000オングストロームの金薄膜とからなる電極部88が形成してある。そして、図4(1)の上面に形成した電極部88は、キャップ部86を介して一方のリード部84aに電気的に接続してあり、下面の電極部88は他方のリード部84bに電気的に接続してある。

【0033】このように構成してあるバー型振動子80は、図4(2)に示したようにしてスポットガン12の直下にセットした。すなわち、キャップ部86を介してバー型振動子80をステージ40の上に横にして置き、図示しないポリイミドテープによってキャップ部86をステージ40に固定し、スポットガン12から吹き出されるガスの風圧によってバー型振動子80が動くのを防止した。

【0034】なお、スポットガン12に供給した高周波電力は、実施例1と同様である。また、ノズル14の先端とバー型振動子80の上面との間のギャップgは、

0.3mmである。

【0035】放電ガスA～Eを用いてストリーマ状の放電を発生させ、生成したプラズマを振動子本体82の表面に照射したが、いずれも表面状態に変化はなかった。ただし、スポットガン12から吹き出される放電ガスの風圧によって振動子本体82が下方に変位した可能性がある。

【0036】《実施例3》実施例1に用いた5種類の放電ガスA～Eを使用してエッチング装置10により、図4(1)に示したバー型振動子80を図5に示したようにセットし、バー型振動子80に設けた電極部88のエッチング試験を行なった。

【0037】図5に示したセット方法は、上記図4

(2)と同様にしてバー型振動子80をステージ40に固定するとともに、振動子本体82の下部にガラス板88を配置して振動子本体82を固定している。さらに、リード部84は、先端をICソケット90に差し込み、ICソケット90を介してDC電源92のアースに接続してある。また、スポットガン12の高周波電極18に供給した高周波電力は、実施例1と同様である。そして、ノズル14の先端とバー型振動子80の上面との間のギャップgは、0.3mmにしてある。

【0038】(1) 放電ガスAを用いてストリーマ状放電を発生させ、生成したプラズマをバー型振動子80に30秒間照射してエッチング処理を行なったが、表面状態に変化は見られなかった。

【0039】(2) 放電ガスBを用いてストリーマ状放電を発生させ、生成したプラズマをバー型振動子80に30秒間照射してエッチング処理を行なったが、表面状態に変化は見られなかった。

【0040】(3) 放電ガスCを用いてストリーマ状放



電を発生させ、生成したプラズマをバー型振動子80に照射してエッチング処理を行なった。

【0041】(a) エッチング処理を10秒間行なったところ、金薄膜が部分的に除去されていた。ただし、クロムの下地金属までは除去されおらず、露出もしていない。

【0042】(b) エッチング処理を15秒間行なったところ、金薄膜がクロム下地金属とともに一部除去された。

【0043】(c) エッチング処理を30秒間行なったところ、プラズマを照射した範囲の金薄膜とクロム下地金属とが完全に除去されていた。

【0044】なお、上記(a)、(b)の場合、エッチング処理された境界部は、クロムの析出により多層構造に見える。また、電極部88は、剥がされるように荒れた状態で除去されていた。

【0045】(4) 放電ガスDを用いてストリーマ状放電を発生させ、生成したプラズマをバー型振動子80に10秒間照射してエッチング処理を行なったところ、金薄膜の一部が除去され、上記(3)(a)とほぼ同じ状態であった。

【0046】(5) 放電ガスEを用いてストリーマ状放電を発生させ、生成したプラズマをバー型振動子80に30秒間照射してエッチング処理を行なったが、表面状態に変化は見られなかった。

【0047】《実施例4》図1に示したエッチング装置10を用いて銅板のエッチング試験を行なった。銅板は、縦、横10mm、厚さ1mmであって、ステージ40上に直接置いた。そして、銅板とノズルとのギャップgを0.3mmに調整し、放電ガスAをノズル14に供給するとともに、40.68MHz、300Wの高周波電力を高周波電極18に供給してストリーマ状放電を発生させた。この放電により生成したプラズマを銅板に180秒間照射してエッチング処理を行なったが、銅板は多少変色したように見える程度で、特に変化はなかった。

【0048】《実施例5》図2に示したラインガン52を有するエッチング装置50を用いてバー型振動子80に形成した電極部88のエッチング試験を行なった。ラインガン52の吹出し口の長さは290mm、幅は1mmである。また、ラインガン52に供給した高周波電力は、40.68MHz、300Wである。そして、使用した放電ガスは、次の3種類である。

【0049】放電ガスF: He (10SLM)

放電ガスG: He (10SLM) + O<sub>2</sub> (80SCCM)

放電ガスH: He (10SLM) + CF<sub>4</sub> (100SCCM)

なお、バー型振動子80は、図6のようにセットした。すなわち、ステンレスからなるステージ40上にバー型

振動子80を横に置き、ステージ40と振動子本体82との間にガラス板88を挿入するとともに、振動子本体82の自由端をポリイミドテープ94によってガラス板88に固定した。また、ラインガン52の下端とバー型振動子80の上面とのギャップgは、1.0mmに設定してある。

【0050】(1) 放電ガスFを用いてストリーマ状の放電を発生させ、生成したプラズマをバー型振動子80に30秒間照射してエッチング処理をしたが、表面状態に変化は見られなかった。

【0051】(2) 放電ガスGを用いてストリーマ状の放電を発生させ、生成したプラズマをバー型振動子80に30秒間照射してエッチング処理をしたところ、金薄膜が一部除去された。ただし、金薄膜の除去のされ方が均一でなく、処理レートにばらつきがあった。また、クロム下地金属が見えるほどエッチングされなかった。

【0052】(3) 放電ガスHを用いてストリーマ状の放電を発生させ、生成したプラズマをバー型振動子80に30秒間照射してエッチング処理をしたところ、金薄膜が部分的に除去された。そして、このエッチング処理においては、電極部88の周縁部から徐々に処理が進んでいるように見え、周縁部の一部にクロム下地金属が除去されているところがあった。また、電極部88の中央部などでは、金薄膜が一部完全に除去されて下のクロム下地金属が露出していた。

【0053】《実施例6》バー型振動子80を図7のようにセットし、上記実施例5と同様にしてバー型振動子80をエッチング処理した。バー型振動子80は、図6と同様に振動子本体82の自由端をポリイミドテープ94によってガラス板88に固定するとともに、リード部84を下方にクランク状に屈曲し、リード部84の自由端を接地してあるステージ40にアルミテープ96によって固定した。他の放電条件は、実施例5と同様である。

【0054】(1) 放電ガスFを用いてストリーマ状の放電を発生させ、生成したプラズマをバー型振動子80に30秒間照射してエッチング処理をしたが、表面状態に変化は見られなかった。

【0055】(2) 放電ガスGを用いてストリーマ状の放電を発生させ、生成したプラズマをバー型振動子80に30秒間照射してエッチング処理をしたところ、上記実施例5(2)と同様の結果が得られた。

(3) 放電ガスHを用いてストリーマ状の放電を発生させ、生成したプラズマをバー型振動子80に30秒間照射してエッチング処理をしたところ、金薄膜が一部除去された。このエッチング処理においては、金薄膜に沢山の穴が開いたように処理が進んでおり、処理が均一でない。そして、完全に金薄膜とクロム下地金属とが除去されている箇所もあれば、まだ金薄膜がそのまま残っている箇所もあり、マイクロストリーマのようなもので処理が進んだと考えられる。



【0056】《実施例7》バー型振動子80を図8のようにセットし、上記実施例5と同様にしてバー型振動子80をエッチング処理した。バー型振動子80は、図7と同様に振動子本体82の自由端をポリイミドテープ94によってガラス板88に固定するとともに、リード部84の自由端を接地してあるステージ40にアルミテープ96によって固定し、さらにキャップ部86をポリイミドテープ98によりステージ40に固定した。他の放電条件は、実施例5と同様である。

【0057】(1) 放電ガスFを用いてストリーマ状の放電を発生させ、生成したプラズマをバー型振動子80に60秒間照射してエッチング処理をしたが、表面状態に変化は見られなかった。

【0058】(2) 放電ガスGを用いてストリーマ状の放電を発生させ、生成したプラズマをバー型振動子80に30秒間照射してエッチング処理をしたところ、上記実施例5(2)と同様の結果が得られた。(3) 放電ガスHを用いてストリーマ状の放電を発生させ、生成したプラズマをバー型振動子80に15秒間照射してエッチング処理をしたところ、金薄膜が部分的に除去された、また、一度溶融したものが凝固したようなドーム状の突起が表面の一部に付着しているのが見られた。

【0059】《実施例8》実施例5と実施例6との結果からわかるように、バー型振動子80のリード部84を接地すると、エッチング処理の速度が速くなり、表面状態も変わってくる。したがって、ワークであるバー型振動子80(被処理物42)の表面の電位がエッチング処理に大きく関係しているものと思われる。そこで、ワーク表面のDC成分が放電ガスの種類によってどのように変化するかを調べた。図9は、スポットガンによってストリーマ状放電を発生させて生成したプラズマを、ワークに照射してワークの表面電位を測定する方法を示したものである。

【0060】図9において、エッチング装置10は、図1に示したと同様のスポットガン12を備えている。一方、ワークとなる銅板100は、厚さ0.7mmのガラス板102を介して接地してあるステンレス製のステージ40上に配置してある。そして、スポットガン12を構成しているノズル14の先端の内径は、1.5mmとなっている。また、ノズル14の下端と銅板100とのギャップは0.2mmにしてある。さらに、銅板100は、高耐圧プローブ104を介してオシロスコープ106に接続してあって、銅板100に現れるDC成分を検出できるようにしてある。そして、本図に図示しない高周波電源18は、出力周波数が40.68MHzの高周波電源に接続してある。なお、スポットガン12には、冷却器108が取り付けられていて、窒素ガスにより冷却できるようにしてある。図10、11に銅板100に現れたDC成分の測定結果を示した。ただし、実験を開始する前に、5分間の予備放電を行ない、温度などの変化

要因を安定化させている図10は、スポットガン12に放電ガスとしてHe(3SLM)を供給し、40.68MHzの高周波(RF)出力(高周波電力)を0から徐々に増大させたときの銅板100に現れたDC成分の測定結果であって、(1)はその実測値、(2)は実測値をグラフ化したものであって、横軸が高周波電力(単位:W)、横軸が銅板100に現れたDC成分(単位:V)を示している。

【0061】高周波出力を0から次第に増大させていくと、高周波出力が60W程度で放電が開始される。しかし、銅板100には、高周波出力が300W位までほとんどDC成分が現れない。銅板100に生ずるDC成分は、高周波出力が300Wを超えると徐々に大きくなり、高周波出力が400W前後から急速に大きくなる。そして、DC成分は、高周波出力が500W程度でほぼ一定の定常状態になる。このときのDC成分の値は、+31V程度であった。なお、スポットガン12の破損を防止するため、高周波出力を500Wにした段階で実験を中止している。以下においても同様である。

【0062】図11は、放電ガスとしてHe(3SLM)とO<sub>2</sub>(40SCCM)との混合ガスをスポットガン12に供給し、40.68MHzの高周波出力を0から徐々に増大させたときの銅板100に現れたDC成分の測定結果を示したものであり、(1)はその実測値、(2)は実測値をグラフ化したもので、横軸が高周波出力(単位:W)、横軸が銅板100に現れたDC成分(単位:V)である。

【0063】放電ガスがヘリウムと酸素との混合ガスの場合、高周波出力が40W程度で放電を開始する。一方、銅板100に現れるDC成分は、高周波出力が400W位まで非常に小さかったが、400Wを超えた位から急速に増大し、高周波出力が500W程度で定常状態となった。このときのDC成分の値は、+44V程度であった。

【0064】このように、ヘリウムまたはヘリウムと酸素ガスとの混合ガスを放電ガスとした場合、銅板100のDC成分がプラスになっていることがわかった。これは、銅板100から電子が飛び出しているものと思われる。

【0065】なお、放電ガスとしてHe(3SLM)とCF<sub>4</sub>(80SCCM)との混合ガスをを用いた場合、高周波出力が180W程度で放電を開始した。しかし、銅板100のDC成分は、高周波出力を500W位まで増大させたがほとんど現れなかった。

【0066】《実施例9》図12は、ラインガンによってストリーマ状の放電を発生させて生成したプラズマをワークに照射し、ワークの表面電位を測定する方法を示したものである。図12において、エッチング装置50は、図2に示したようなラインガン52を備えていて、ラインガン52の下方のステージ40上に厚さ0.7m

13

mのガラス板102を介して芯線が銅からなるリード線110が配置してある。ラインガン52は、ガス流路56の両側に高周波電極58と接地電極110とが対向するように配置してあって、両電極50、110間のガス流路56中にストリーマ状放電を発生してプラズマを生成できるようになっている。

【0067】一方、リード線112は、図13(1)、(2)に示したようにして2通りにセットした。図13(1)のセット方法は、リード線112の、高周波電極58の直下に位置する部分の被覆材114を除去して芯線116を露出させ、リード線112の先端の自由端と、被覆材114を有する部分の露出させた芯線116に近い箇所とをポリイミドテープ118によってガラス板102に固定してある。また、リード線112の後端側は、高耐圧プローブ104を介してオシロスコープ106に接続してあり、リード線112に現れたDC成分を測定できるようになっている(図12参照)。他方、図13(2)に示したセット方法は、図13(1)と同様にしてガラス板102に固定したリード線112の両側に、厚さ1mmのステンレス板120を配置したものである。

【0068】なお、リード線112のいずれのセット方法においても、ラインガン52とリード線112の芯線116とのギャップは1mmにしてある。また、ラインガン52のガス流路56の幅は1mmであり、長さは290mmである。さらに、高周波電極58に接続した高周波電源は、出力周波数が13.56MHzである。また、この実施例においても、ラインガン52が破損するのを避けるため、高周波出力を500Wにした段階で実験を中止している。

【0069】図14は、ワークとしてのリード線112を図13(1)のようにセットしたのち、ラインガン52のガス流路56にHe(10SLM)を放電ガスとして供給し、13.56MHzの高周波出力を0から徐々に増大させたときのリード線112に現れたDC電圧の測定結果を示したもので、(1)が実測値、(2)がそれをグラフ化したものであり、横軸が高周波出力(単位:W)、縦軸がリード線112のDC電圧(単位:V)である。

【0070】また、図15は、リード線112を図13(1)のようにセットし、放電ガスとしてHe(10SLM)とO<sub>2</sub>(80SCCM)との混合ガスを用いた場合におけるリード線112のDC電圧の測定結果であり、(1)が実測値、(2)がそれをグラフ化したものであって、横軸と縦軸は図14と同じである。さらに、図16は、リード線112を図13(1)のようにセットし、放電ガスとしてHe(10SLM)とCF<sub>4</sub>(100SCCM)との混合ガスを用いた場合におけるリード線112のDC電圧を測定したもので、(1)がその実測値、(2)がそれをグラフ化したもので、横軸と縦

軸は図14と同様である。

【0071】そして、図17ないし図19は、リード線112を図13(2)のようにセットしたときのリード線に現れたDC成分を測定したものである。ただし、図17は放電ガスがHe(10SLM)であり、図18は放電ガスがHe(10SLM)とO<sub>2</sub>(80SCCM)との混合ガス、図19は放電ガスがHe(10SLM)とCF<sub>4</sub>(100SCCM)との混合ガスであって、いずれの図においても(1)がその実測値、(2)がそれをグラフ化したもので、横軸と縦軸は図14と同様である。

【0072】これらの図からわかるように、ラインガン52によってストリーマ状放電を発生させ、それにより生成したプラズマをリード線112に照射すると、スポットガン12の場合と逆に、リード線112にマイナスのDC成分が現れる。これは、高周波電極58側からリード線112に電子が流れ込んでいるものと考えられる。

【0073】

【発明の効果】以上に説明したように、本発明によれば、大気圧下にある放電ガスを介して高周波のストリーマ状放電を発生させると、放電ガスから生成されたプラズマ粒子が非常に微細な線束状の流れ(マイクロストリーマ)となって高速で被処理物に衝突することにより、プラズマ粒子が衝突した部分の被処理物が高温となって溶融するとともに、衝突するプラズマ粒子によって弾き飛ばされてエッチングされるものと考えられ、従来エッチングすることができなかった金属やセラミックをも容易にエッチングすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る大気圧高周波プラズマによるエッチング方法を実施するためのエッチング装置の一例を示す概略構成図である。

【図2】本発明に係る大気圧高周波プラズマによるエッチング方法を実施するためのエッチング装置の要部説明図である。

【図3】実施例1に用いた音叉型振動子のセット方法の説明図である。

【図4】実施例2に使用したバー型振動子の平面図とセット方法の説明図である。

【図5】実施例3におけるバー型振動子のセット方法の説明図である。

【図6】実施例5におけるバー型振動子のセット方法の説明図である。

【図7】実施例6におけるバー型振動子のセット方法の説明図である。

【図8】実施例7におけるバー型振動子のセット方法の説明図である。

【図9】スポットガンによるマイクロストリーマプラズマ処理時の銅板に現れるDC成分を測定する方法の説明

図である。

【図10】ヘリウムガスを放電ガスとした場合におけるスポットガンによりマイクロストリーマ放電を発生させたときに、銅板に現れたDC電圧の測定結果を示す図である。

【図11】ヘリウムガスと酸素ガスとの混合ガスを放電ガスとした場合におけるスポットガンによりマイクロストリーマ放電を発生させたときに、銅板に現れたDC電圧の測定結果を示す図である。

【図12】ラインガンによるマイクロストリーマプラズマ処理時のリード線に現れるDC成分を測定する方法の説明図である。

【図13】実施例9におけるリード線のセット方法の説明図である。

【図14】リード線を図13(1)のようにセットし、ヘリウムガスを放電ガスとした場合におけるラインガンによりマイクロストリーマ放電を発生させたときに、リード線に現れたDC電圧の測定結果を示す図である。

【図15】リード線を図13(1)のようにセットし、ヘリウムガスと酸素ガスとの混合ガスを放電ガスとした場合におけるラインガンによりマイクロストリーマ放電を発生させたときに、リード線に現れたDC電圧の測定結果を示す図である。

【図16】リード線を図13(1)のようにセットし、ヘリウムガスと四フッ化炭素ガスとの混合ガスを放電ガスとした場合におけるラインガンによりマイクロストリーマ放電を発生させたときに、リード線に現れたDC電圧の測定結果を示す図である。

【図17】リード線を図13(2)のようにセットし、

ヘリウムガスを放電ガスとした場合におけるラインガンによりマイクロストリーマ放電を発生させたときに、リード線に現れたDC電圧の測定結果を示す図である。

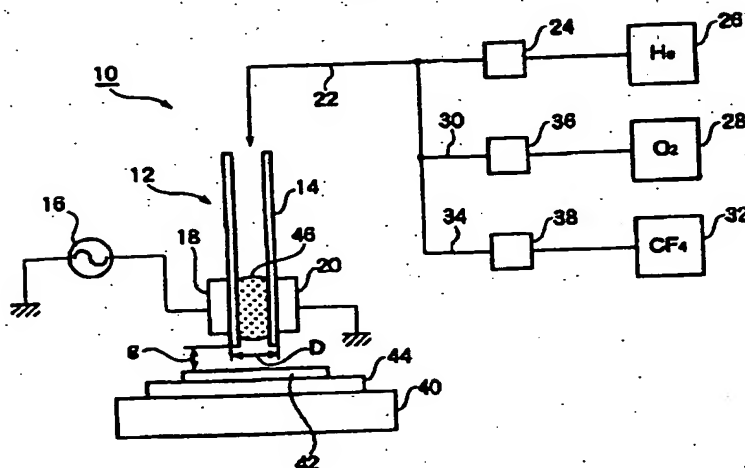
【図18】リード線を図13(2)のようにセットし、ヘリウムガスと酸素ガスとの混合ガスを放電ガスとした場合におけるラインガンによりマイクロストリーマ放電を発生させたときに、リード線に現れたDC電圧の測定結果を示す図である。

【図19】リード線を図13(2)のようにセットし、ヘリウムガスと四フッ化炭素ガスとの混合ガスを放電ガスとした場合におけるラインガンによりマイクロストリーマ放電を発生させたときに、リード線に現れたDC電圧の測定結果を示す図である。

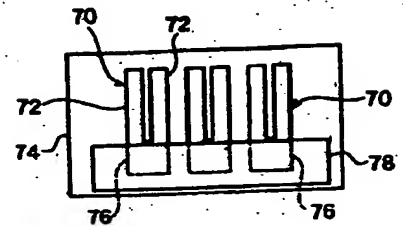
#### 【符号の説明】

10、50	エッチング装置
12	スポットガン
16	高周波電源
18	高周波電極
20	接地電極
24、36、38	流量制御弁
26	ヘリウムガス源
28	酸素ガス源
32	四フッ化炭素ガス源
40	ステージ
42	被処理物
44	ガラス板
46	放電部
52	ラインガン
56	ガス流路

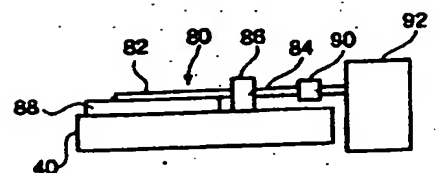
【図1】



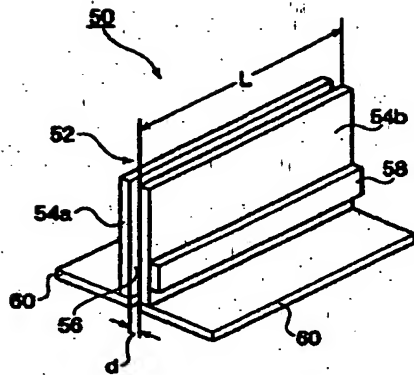
【図3】



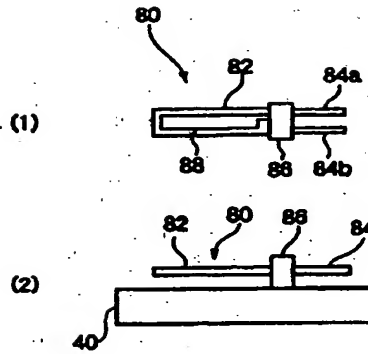
【図5】



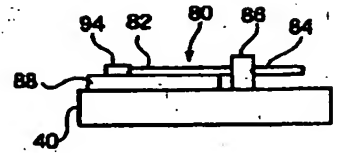
【図2】



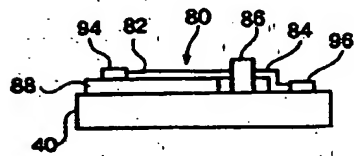
【図4】



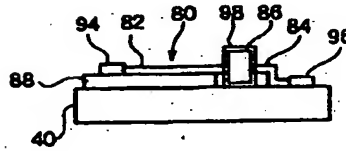
【図6】



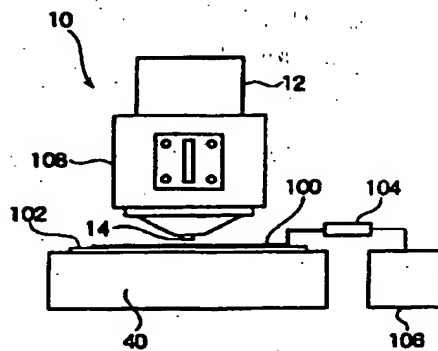
【図7】



【図8】



【図9】

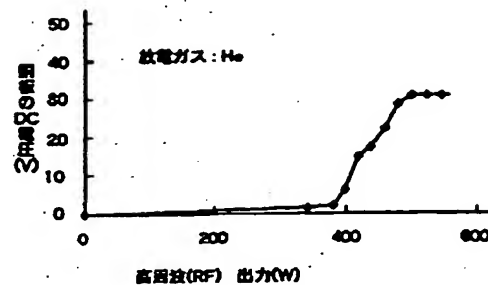


【図10】

(1)

RF出力 (W)	DC電圧 (V)
0	0
360	1.284
380	1.351
400	6.901
420	16.016
440	17.478
460	22.546
480	28.979
500	31.958
520	31.945
540	31.784

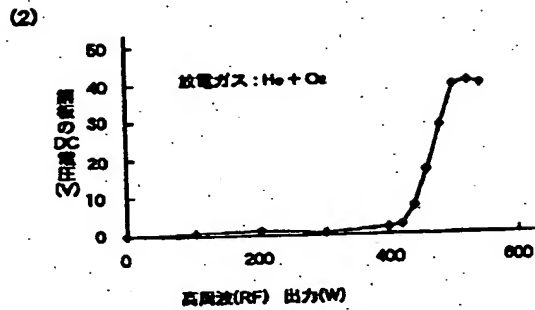
(2)



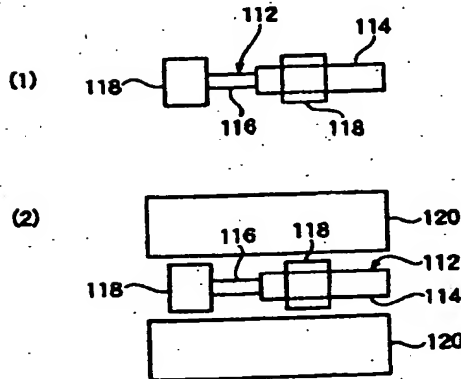
【図11】

(1)

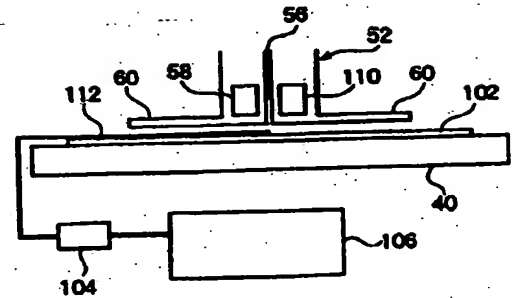
RF出力 (W)	DC電圧 (V)
0	0
100	0.81
200	1.114
300	0.945
400	1.968
420	2.818
440	8.015
460	18.492
480	31.2
500	42.979
520	48.684
540	43.248



【図13】



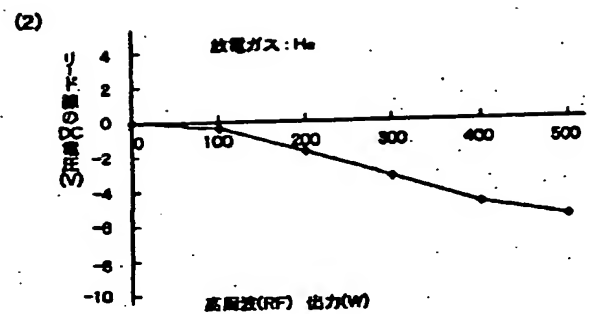
【図12】



【図14】

(1)

RF出力 (W)	DC電圧 (V)
0	0.000
100	-0.688
200	-1.894
300	-3.288
400	-4.857
500	-5.839

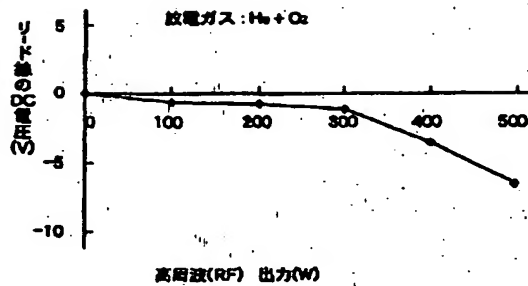


【図15】

(1)

RF出力 (W)	DC電圧 (V)
0	0.000
100	-0.615
200	-0.703
300	-0.950
400	-3.321
500	-5.425

(2)

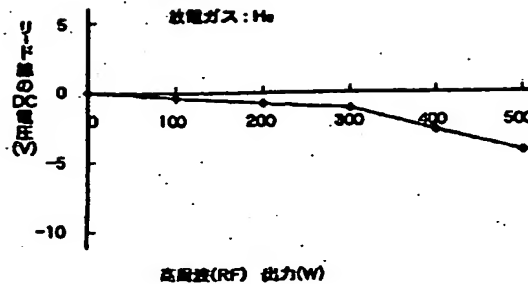


【図17】

(1)

RF出力 (W)	DC電圧 (V)
0	0.000
100	-0.442
200	-0.669
300	-1.280
400	-2.626
500	-3.660

(2)

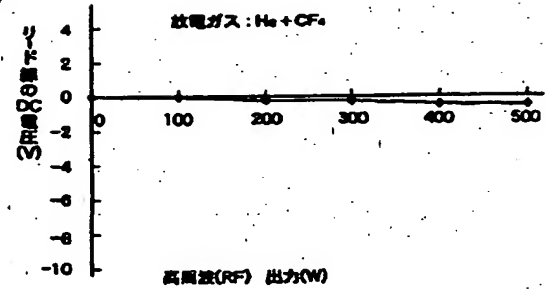


【図16】

(1)

RF出力 (W)	DC電圧 (V)
0	0.000
100	-0.004
200	-0.276
300	-0.305
400	-0.520
500	-0.540

(2)

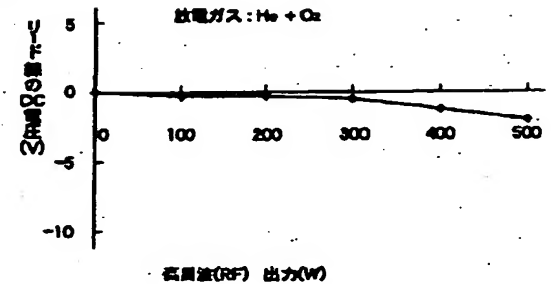


【図18】

(1)

RF出力 (W)	DC電圧 (V)
0	0.000
100	-0.246
200	-0.219
300	-0.369
400	-1.225
500	-1.954

(2)



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**